

STIC Translation Branch Request Form for T

Phone: 308-0881 Crystal Plaza ¼, Room 2C15 <http://ptoweb/patents/stic/si>

Information in shaded areas marked with an * is required

Fill out a separate Request Form for each document

*U. S. Serial No. :-10/032689

PTO 2003-4799

S.T.I.C. Translations Branch

*Requester's Name: Janelle Combs Morillo

Phone No.: 308-4757

Office Location: CP# 7B13

Art Unit/Org. : 1742

Is this for the Board of Patent Appeals? no

Date of Request: 7/31/03

*Date Needed By: 8/14/03

(Please indicate a specific date)

Document Identification (Select One):

Note: If submitting a request for patent translation, it is not necessary to attach a copy of the document with the request.

If requesting a non-patent translation, please attach a complete, legible copy of the document to be translated to this form and submit it at your EIC or a STIC Library.

1. x Patent

*Document No. JP 60-159127A

*Country Code JP

*Publication Date Aug. 20, 1985

*Language JP

No. of Pages _____ (filled by STIC)

2. Article

*Author _____

*Language _____

*Country _____

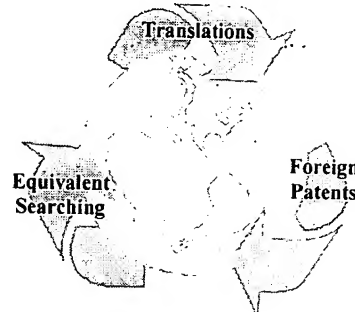
3. Other

*Type of Document _____

*Country _____

*Language _____

Translations Branch
The world of foreign prior art to you.



To assist us in providing the most cost effective service, please answer these questions:

- > Will you accept an English Language Equivalent? NO (Yes/No)
- > Would you like to review this document with a translator prior to having a complete written translation?
(Translator will call you to set up a mutually convenient time) NO Yes/No
- > Would you like a Human Assisted Machine translation? NO (Yes/No)
Human Assisted Machine translations provided by Derwent/Schreiber is the default for Japanese Patents 1993 onwards with an Average 5-day turnaround.

Let Copy E. More 8/13/03

STIC USE ONLY

Copy/Search

Processor: JM

Date assigned: 7/31/03

Date filled: 7/31/03

Equivalent found: (Yes/No) NO

Translation

Date logged in: 8-4-03

PTO estimated words: 5191

Number of pages: 89

In-House Translation Available: _____

In-House

Translator: _____

Assigned: _____

Returned: _____

Contractor:

Name: sc

Priority: 1

Sent: 8-4-03

Returned: 8-13-03



⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭60-159127

⑬ Int. Cl.⁴
C 21 D 9/573
11/00

識別記号
1 0 1

庁内整理番号
7371-4K
7371-4K

⑭ 公開 昭和60年(1985)8月20日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全8頁)

⑮ 発明の名称 連続焼鈍設備における鋼帯の冷却制御方法

⑯ 特 願 昭59-13907

⑰ 出 願 昭59(1984)1月28日

⑱ 発 明 者 湯 井 勝 彦 北九州市八幡東区枝光1-1-1 新日本製鐵株式会社八幡製鐵所内

⑲ 発 明 者 井 家 上 洋 北九州市八幡東区枝光1-1-1 新日本製鐵株式会社八幡製鐵所内

⑳ 発 明 者 清 水 晋 一 北九州市八幡東区枝光1-1-1 新日本製鐵株式会社八幡製鐵所内

㉑ 出 願 人 新日本製鐵株式会社 東京都千代田区大手町2丁目6番3号

㉒ 代 理 人 弁理士 大関 和夫

PTO 2003-4799

S.T.I.C. Translations Branch

明 細 書

1. 発明の名称

連続焼鈍設備における鋼帯の冷却制御方法

2. 特許請求の範囲

(1) 連続焼鈍設備内に設置され、内部に冷媒を貫流させた1本ないし複数本の冷却用ロールに鋼帯を巻付け、該巻付け長さを変更させる機構を有する鋼帯の冷却装置を制御するに際し、鋼帯の搬送順序、寸法、物性値を記した作業予定表を記憶し、予め得られる関係式から巻付角を計算し、巻付角を変更させる機構を制御する制御装置を設け、該冷却用ロールの入側に鋼帯温度計、鋼帯の溶接線検出器を設け、該冷却装置内に鋼帯の張力計、冷媒温度計、鋼帯搬送速度計を設け、溶接線通過本数と作業予定表から認識する通過中の鋼帯の寸法、物性値と冷却用ロール入側鋼帯温度、鋼帯張力、冷媒温度、鋼帯搬送速度とを前記関係式に代入して鋼帯の冷却用ロールに対する巻付角を定期的に計算し、その値に基づいて巻付角を変更するとともに、鋼帯の溶接線が冷却用ロールを通過中

に巻付角を制御することを特徴とする連続焼鈍設備における鋼帯の冷却制御方法。

(2) 前記制御装置内の関係式に新たに該冷却用ロール出側の制御鋼帯目標温度を修正する式を付加し、最終冷却用ロール出側に鋼帯温度計を設け、該冷却用ロール出側鋼帯温度計からの入力により定期的に出側の制御鋼帯目標温度を修正し巻付角を再計算し、鋼帯の冷却用ロールに対する巻付角を修正することを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の連続焼鈍設備における鋼帯の冷却制御方法。

(3) 冷媒を貫流させた複数本の冷却用ロールにおいて、鋼帯の該冷却用ロールに対する巻付角が、連続するロールになるにしたがって大きくなるように制御することを特徴とする特許請求の範囲第1項又は第2項記載の連続焼鈍設備における鋼帯の冷却制御方法。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、連続焼鈍設備内に設置され、内部に

冷媒を貫流させた冷却用ロールに鋼帯を巻付けて鋼帯を冷却する冷却制御方法に関するものである。(従来技術)

連続焼鈍設備においては、700℃前後の鋼帯を400℃前後に冷却する必要がある。この為に内部に冷却水を貫流させた金属ロールに鋼帯を接触させ、該ロールを移動させる事によって、該ロールと鋼帯との接触長を変え、所望の鋼帯温度を得ようとする冷却方法としては、特公昭57-14414号公報及び特公昭58-47457号公報記載の方法がある。

即ち、前者は該冷却装置出側に鋼帯の温度を検出する温度計を設置し、該温度計より得られる実績温度と、目標温度との偏差を求め、該偏差に基づいて鋼帯と冷却用ロールとの接触長を変更させるフィードバック制御であり、後者は該冷却装置入側にも鋼帯の温度を検出する温度計を設置し、入側実績温度を得る事により、前述のフィードバックで吸収しきれない温度変化を、フィードフォワード制御によっておぎなおうとするフィードバ

ック制御とフィードフォワード制御を組み合わせた制御方法である。

しかしながら、従来法には、次のような欠点があり、充分満足のいくものではない。即ち、上記した2つの従来法は、いずれも鋼帯の温度のみによって接触長さの制御を行なっている。これは、鋼帯の板厚やラインスピードが変更した場合、従来法は追従性が悪い事を意味する。なぜなら連続焼鈍設備では、通板される鋼帯は、板厚、板幅、ヒートサイクルなどが異なる鋼帯を帯接したものであり、ラインスピードは、加熱炉、均熱炉、過時効炉等の冷却装置以外の設備によって決定され、該冷却装置の能力によりラインスピードを変更する事は困難であるからである。

例えば、板厚が0.8mmから1.0mmへ変化した場合について説明する。鋼帯の温度は、800.0℃から400℃にまで該冷却装置によって下げられるものとする。ここで、内部に冷却水を貫流させた金属ロールに鋼帯を接触させる冷却方法では、冷却速度は100℃/sec程度であるという実験結果

がある。仮に冷却速度を100℃/secとすれば、400℃温度を下げるのに4秒かかる事になる。従って、溶接点が該冷却装置を通過し、出側温度計に達するまでには、4～5秒程度かかると考えてよい。溶接点が出側温度計に達するまでは、出側温度計が検出する温度は、板厚0.8mmの鋼帯のものであり、それは目標値にほぼ等しいため接触長は変更されない。溶接点が出側温度計を通過した後、板厚1.0mmの鋼帯の温度が検出されるが、必要冷却量が1.25倍になっているにもかかわらず、ロールとの接触長が板厚0.8mmの鋼帯の接触長と等しいため、実績温度は目標温度と大きくずれている。フィードバック制御では、この時点で制御機構が働き、接触長を変更させる。即ち、5秒前後の遅れを生じて制御が行なわれる事になる。ラインスピードは200mpm前後である事から、5秒遅れる事は約17mの鋼帯で大幅な温度はずれを生じる事を意味する。

さらに、フィードバック制御を行う前述の従来法は、目標値と実績値の偏差に基づいており、上

述のように大きな無駄時間を含む場合は、制御系の安定性確保のため、フィードバックゲインを小さくとらざるを得ず、その分実績値が目標値に追従するのがおそくなり、ここでも温度はずれとなる鋼帯が大きく生ずる事になる。従って、従来法では板厚等が大きく変化した場合、数十mの長さの鋼帯が温度はずれとなり、良好な品質を維持できない。

フィードバック制御のみで制御しようとした場合に生ずる上述のような欠点を防ぐために、フィードバック制御とフィードフォワード制御を組み合わせる事が考えられるが、前述の従来法は、該冷却装置入側での鋼帯の実績温度と目標温度との偏差に基づいてフィードフォワード制御を行なっているため、前述の例のように板厚が変化したなどには何ら効果を発揮する事ができない。

さらに、鋼帯の形状に与える影響を考えると、幅方向均一冷却が必要になるが、複数本の冷却用ロールを使用した場合に、各ロールでの冷却量の

配分を幅方向均一冷却を実現すべく決定するという考え方は従来なかった。

(発明の目的)

本発明は従来法にみられる上記の欠点に鑑みてなされたものであり、

- ① 温度はずれとなる鋼帯の長さを減少させる、
 - ② 幅方向不均一冷却の発生を防止し、良好な形状の鋼帯の安定生産を行なう、
- 事を目的としたものである。

(発明の構成作用)

本発明は、連続焼鈍設備内に設置され、内部に冷媒を貫流させた1本ないし複数本の冷却用ロールに鋼帯を巻付け、該巻付け角度を変更させる機構を有する鋼帯の冷却装置を制御するに際し、

鋼帯の搬送順序、寸法、物性値を記した作業予定表を記憶し、予め得られている関係式から巻付け角を計算し、巻付け角を変更させる機構を有する鋼帯の冷却装置を制御する制御装置を設け、冷却用ロールの入側に鋼帯温度計、鋼帯の溶接線検出器を設け、冷却装置内に鋼帯の張力計、冷媒温度計、

鋼帯搬送速度計を設け、溶接線通過本数と作業予定表から認識する通過中の鋼帯の寸法、物性値と冷却用ロール入側鋼帯温度、鋼帯張力、冷媒温度、鋼帯搬送速度とを前記関係式に代入して、鋼帯の冷却用ロールに対する巻付け角を定期的に計算し、その値に基づいて巻付け角を変更すると共に、鋼帯の溶接線が冷却用ロールを通過中に巻付け角を制御すること；

前記制御装置内の関係式に新たに冷却用ロール出側の制御鋼帯目標温度を修正する式を付加し、冷却用ロール出側に鋼帯温度計を設け、該温度計からの入力により定期的に出側の制御目標鋼帯温度を修正し巻付け角を再計算し、鋼帯の冷却用ロールに対する巻付け角を修正して冷却精度を一層向上させること；

および冷却用ロールを複数本設置した場合において鋼帯の冷却用ロールに対する巻付け角を後続するロールになるにしたがって大きくなるように制御して良好な形状の鋼帯を安定生産すること；を要旨とするものである。

(実施例)

本発明の第1の実施例について説明する。巻付け角の計算方法は次のようにして求める。

即ち、1本の冷却用ロールにおいてロールと鋼帯との接触長さが ℓ の場合微小弧長 $d\ell$ の区間での熱収支を考えると単位時間に鋼帯 G が放出する熱量 dq_1 と鋼帯 G から冷媒へと流れる熱量 dq_2 は等しい。ここで dq_1 、 dq_2 は各々次式で与えられる。

$$dq_1 = C_p \cdot \rho \cdot w \cdot d \cdot v \cdot \frac{dT}{d\ell} \cdot d\ell$$

$$dq_2 = -K(\ell, p) \cdot w \cdot (T - T_w) \cdot d\ell$$

但し C_p : 鋼帯の比熱

ρ : 鋼帯の比重

w : 鋼帯の幅

d : 鋼帯の厚さ

v : ラインスピード

ℓ : 接触長さ

T : 微小弧長 $d\ell$ における鋼帯の温度

D : ロール直径

K : 熱貫流率(接触長さ ℓ とロール面圧 p の関数)

p : ロール面圧($= \frac{\text{張力}}{w \cdot \frac{D}{2}}$)

T_w : 冷媒の温度

従って冷却用ロール入側の鋼帯の温度を T_E 、出側の温度を T_D とすれば、

$$T_D = T_w + (T_E - T_w) / \exp \{ K(\ell, p) \cdot \ell / C_p \cdot \rho \cdot d \cdot v \} \dots (1)$$

となる。

ここで冷却用ロールでは、鋼帯からロールへの接触熱伝達、ロールシェル内の熱伝導、ロールシェルと冷媒との間の熱伝達の順で熱が移動する事から、熱貫流率 $K(\ell, p)$ は、次式で与えられる。

$$K(\ell, p) = \left\{ \frac{1}{k_1(p)} + \frac{\ell}{\pi \cdot D} \left(\frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{k_2} \right) \right\}^{-1} \dots (2)$$

但し $k_1(p)$: 冷却用ロールと鋼帯との接触熱伝達率
(ロール面圧 p の関数)

D : ロール直径

δ : ロールシェル厚み

λ : シェル熱伝達率

k_2 : ロールシェルと冷媒間の熱伝達率

(1), (2)式から、冷却用ロール入側の鋼帯実温度が T_{Ep} であり、冷却用ロール出側の目標温度が T_{Do} であった場合、鋼帯と冷却用ロールとの必要

接触長が算出できる。冷却用ローンを複数本用いて冷却する際には、あらかじめ定められた各ローンの冷却量(ΔT_1 , $\sum \Delta T_1 = T_{EP} - T_{D0}$)により、各冷却用ローンでの鋼帯の入側温度、出側温度を決める事により、各ローンでの必要接触長は異なるのが通例である。

前述した冷却制御方法の適用手順を第1図を用いて説明する。

第1図は5本の冷却用ローンを用いた実施例である。前工程から搬送されてきた鋼帯6は入側ブライドルローンを通過し、内部に冷媒を貫流させた冷却用ローン1~5を通過し、出側ブライドルローン17を通過して次工程に搬送される。冷却用ローンの入側には鋼帯温度計7と溶接線検出器9が設けられ制御装置12に接続されている。移動可能ローンは底2冷却用ローン2と底4冷却用ローン4で、制御装置12から、押込量が巻付角から変換されて油圧シリンダ制御装置11-1, 11-2にインプットされ、油圧シリンダ10-1, 10-2を移動させる。

なお鋼帯搬送速度は鋼帯搬送速度計13から、鋼帯張力は鋼帯張力計14から、冷媒温度は冷媒温度計15からそれぞれ制御装置にインプットされる。

なお本発明の冷却装置とは入側ブライドルローン16から出側ブライドルローン17までをいう。

本実施例は以上の設備構成により次の様な手順で行われる。なお冷却装置の諸元は第2図に示す通りである。

制御装置12は、ある定められた周期毎に、冷却装置入側にある鋼帯温度計7から鋼帯の入側温度 T_{EP} を、鋼帯搬送速度計13からラインスピード v を、張力検出計14から鋼帯にかけられた張力を、冷媒温度計15から冷媒の温度 T_w を取り込み、さらに、溶接線検出器9を通過した溶接線の数と作業予定表から、現在冷却装置を通過中の鋼帯の作業 L を知り、前記作業予定表から、鋼帯の比熱 C_p 、比重 ρ 、幅 w 、厚さ d 、冷却装置出側目標温度 T_{D0} を取り込む。しかる後に冷却層の配分により各ローン入側及び出側の鋼帯の温度を決定する。各ローン入側及び出側の鋼帯温度から、前述の方法を用いて、各ローンにおける鋼帯とローンとの接触長 L_1 を算出する。 L_1 を用いて、第2ローン、第4ローンの押込量 H_2 , H_4 を各々次式で算出する。

$$H_1 = D + (L_{cd}(\theta_1/2) - D) / \cos(\theta_1/2) \quad i=2, 4 \dots (3)$$

但し、 L は冷却用ローン間距離

$$\theta_1 \text{ は第1ローンの巻付角 } (\theta_1 = 2 \cdot L_1 / D)$$

ラインスピード v や入側温度 T_{EP} が変化した場合には、今回計算して得られた押込量 H_2 , H_4 を、計算が終了しだい油圧シリンダ制御装置11に伝え、油圧シリンダ10を動かし、可動ローン2, 4の位置を調整する。又、溶接線検出器9が溶接部を検出した際には、次の鋼帯の時の可動ローン押込量 H_2 , H_4 を上記と同様の手順により求め、さらに、ラインスピード v を用いて予じめ算出された溶接部が可動ローン2に巻きつく時点に押込量 H_2 を、又、溶接部が可動ローン4に巻きつく時点に押込量 H_4 を各々油圧シリンダ制御装置11に伝え、油圧シリンダ10が可動ローン2, 4を各々のタイミングで移動させるようにする。

以上の説明でわかるように、本実施例による方法では、次のような利点がある。

① 溶接線が冷却装置に入る時刻がわかるため、溶接線が冷却用ローンに巻付いている時に可動ローンを動かす事ができ、従来法のような無駄時間

が発生しない。

② 冷却用ロール出側の鋼帯温度の目標値と実績値との偏差に基づいて制御を行なう従来法では、例えば板厚が0.8mmから1.0mmへと変化したような場合に、1.0mmの鋼帯での必要接触長を予め知る事ができず、可動ロール押し込み量を徐々に変えていくため、最終的に1.0mmの鋼帯の場合に必要な接触長を得るのに時間がかかるが、本実施例による方法では、予め必要接触長を算出できるため、可動ロール移動に要する時間が短かくてすむ。

このように、本実施例による方法を用いれば、温度はずれとなる鋼帯が従来法に比べ著しく減少する。

次に、本発明の第2の実施例を第3図を用いて説明する。

第3図は冷却用ロール出側に鋼帯温度計8を設け、その他は第1図と同じである。

前述の実施例は、鋼帯の比熱や比重、鋼帯とロールとの接触熱伝達率、シエルの熱伝導率等を用いているが、これらの値は、操業状況や鋼帯など

により、微妙にばらつくものである。従って、冷却装置を通過した後の鋼帯の温度も、目標温度とは微妙に異なっている。制御精度目標が厳しい場合には、上記のような外乱による影響を取り除く事を考えなければならない。本実施例は上記のような欠点を解決するためになされたものであり、前記実施例の冷却制御精度を一層向上させる事を目的とするものである。

即ち、(1)、(2)式から、冷却ロール出側の鋼帯の温度は、鋼帯とロールとの接触長により決定される事がわかる。又、(3)式より、接触長は可動ロール押込量 H_2 、 H_4 が決まれば決定される。従って、冷却用ロール出側の鋼帯の温度 T_D は第2、第4ロールの押込量の関数として $T_D = F(H_2, H_4)$... (4)と表わされる。

鋼帯出側温度 T_D に鋼帯出側目標温度 T_{D0} を代入し、ロール押し込み量を求める第1の実施例によれば、鋼帯の出側温度 T_D は目標温度 T_{D0} になるはずであるが、出側温度計8によって測られた出側実績温度 T_{DP} は前述の理由により、目標温度 T_{D0} 。

とは若干異なっている。そこで実績温度 T_{DP} を可調整パラメータ G を用いて、

$$T_{DP} = GF(H_2, H_4) \quad \dots (5)$$

と表わす。(但し、 $F(H_2, H_4)$ は(4)式と同じ関数)

制御時刻 k において実績温度 T_{DP} が $T_{DP}(k)$ 、可動ロール2、4の押込量は $H_2(k)$ 、 $H_4(k)$ であったとすると、制御時刻 k における可調整パラメータ $G(k)$ は

$$G(k) = T_{DP}(k) / F(H_2(k), H_4(k)) \quad \dots (6)$$

で求める事ができる。

上式で算出された可調整パラメータ $G(k)$ は、次式によって平滑化される。

$$\tilde{G}(k) = (1-\alpha)\tilde{G}(k-1) + \alpha G(k) \quad \dots (7)$$

但し、 $\tilde{G}(k)$ は制御時刻 k における平滑化された可調整パラメータ

α は平滑化係数

しかるのちに、目標温度 T_{D0} を修正された目標温度 $T_{DP}/\tilde{G}(k)$ でおきかえ、本発明の第1実施例の方法を用いて押込量修正値 $\bar{H}_2(k)$ 、 $\bar{H}_4(k)$ を算出し、可動ロール押込量を修正する。

本発明の第2の実施例の冷却制御方法は以上の方法に基づき、次の手順で行なわれる。

制御装置12は、ある定められた周期毎に入側温度計7から鋼帯の入側温度 T_{EP} を、出側温度計8から鋼帯の出側温度 T_{DP} を、鋼帯搬送速度計13からラインスピード v を、鋼帯張力計14から鋼帯にかけられる張力を、冷媒温度計15から冷媒の温度 T_w を取り込む。

さらに、溶接線検出器9を通過した溶接線の数と作業予定表から、現在冷却装置を通過中の鋼帯の作業座を知り、前記作業予定表から鋼帯の比熱 C_p 、比重 ρ 、幅 w 、厚さ d 、出側目標温度 T_{D0} を取り込む。しかるのちに、前述の方法に基づき可動ロールの押込量修正値 \bar{H}_2 、 \bar{H}_4 を算出し、その値を油圧シリンダ制御装置11に伝え、油圧シリンダ10を動かして、第2、4ロールの位置を修正する。

本実施例による制御方法を用いる事により、第1実施例の冷却制御方法の利点を損なう事なく、外乱による誤差を消滅させる事ができ、制御精度

の向上が図れる。

又、鋼帯とロールとの接触熱伝達率、シエルの熱伝導率、シエルと冷媒との熱伝達率などのパラメータを、事前に、正確に決定するのは困難であり、かつ、該冷却装置の経時変化等によってその値が変動する事がある。このような場合、鋼帯の入側表面温度 T_{EP} 、出側表面温度 T_{DP} 、可調整パラメータ $\bar{G}(k)$ 、押込み量 \bar{H}_2 、 \bar{H}_4 等を用い、(1)、(2)、(5)式を用いて、上記パラメータを算出し、これから、カルマンフィルター、最小二乗推定、その他の統計処理を用いて真値を推定し、さらに制御精度を向上させる事ができる。

本実施例の場合と従来法の場合の制御効果を第4図、第5図に示す。それぞれの図について縦軸は上から鋼帯厚さ、鋼帯温度、ロール押込量を示し、横軸は鋼帯の長手方向位置を示す。

本実施例の場合、第4図に示すように、鋼帯溶接線を検出して冷却用ロールに巻付いている間に、押込量を各々異なった量で変更するために温度はずれは、ほとんど生じないが、従来法は第5図に

示すように、出側の鋼帯目標温度と実績値との偏差にもとづいて巻付角を変更するために大きな温度はずれを生ずる。

最後に本発明の第3の実施例について説明する。

複数本の冷却用ロールを用いて鋼帯を冷却する際の特長として、前段ロールで生じた鋼帯温度の幅方向不均一が後段ロールで増幅されるという特性がある。例えば、第1図において第1ロール出側の鋼帯の温度が中央部分で低く端部で高かったような場合、それは第1ロール出側の鋼帯にかかる張力のうち、中央部分の張力増をまねき、それが原因となって第2ロールでは中央部と端部との温度差がさらに拡大する。第6図は横軸に示された第 n 番目の冷却用ロールで生じた幅方向温度差が最終冷却用ロール出側で何倍に増幅されるかの実験結果である。図からわかるように、各ロールで生じた幅方向不均一冷却は、前段ロールで生じたものほど最終ロール出側では大きく増幅される。各ロールでおこる不均一冷却の主原因は、冷却用ロールに生ずるサーマルクラウンであり、前段ロ

ールで生じた幅方向不均一冷却ほど最終ロール出側での幅方向鋼帯温度に大きな影響を与える事を考えれば、前段ロールほどこのサーマルクラウンを小さくおさえておく必要がある。サーマルクラウンは冷却負荷 Q_c に比例する。冷却負荷 Q_c は次式で与えられる。

$$Q_c = \frac{1}{2} K D w (T - T_w)$$

但し K : 熱貫流率
 D : ロール直径
 θ : 巻付角
 w : 板幅
 T : 鋼帯温度
 T_w : 冷媒温度

ここで、ロール直径 D 、板幅 w 、冷媒温度 T_w は各ロールで等しく、熱貫流率 K は巻付角 θ と正の相関関係にあり、前段ロールほど鋼帯の温度 T が高い事を考えれば、前段ロールほど冷却負荷 Q_c を小さくするためには、前段ロールほど巻付角 θ を小さくしなければならない。即ち、巻付角を後段ロールほど大きくし、均一冷却負荷ないしは後段高負荷をおこなう事が幅方向均一冷却のために

必要となる。

本実施例は $\Delta T_1 < \Delta T_2 < \Delta T_3 < \Delta T_4 < \Delta T_5$ (但し、 ΔT_1 は第1ロールでの降下温度したがって $\theta_1 < \theta_2 < \theta_3 < \theta_4 < \theta_5$ となる。)となるよう各冷却用ロールでの巻付角を配分する制御方法である。

本実施例による冷却制御方法を用いれば、幅方向不均一冷却の発生を防止する事ができ、幅方向の温度不均一が原因で発生する鋼帯の形状悪化を回避する事ができ、形状のすぐれた鋼帯の安定生産を行なう事ができる。

(発明の効果)

連続焼鈍設備において冷却用ロールを用いて鋼帯を冷却する際に本発明による冷却制御方法を用いる事により、冷却装置通過後の鋼帯の温度の、目標温度に対する追従性及び制御精度が従来法に比較して著しく向上し、連続焼鈍後における鋼帯の品質向上、歩留り向上に大いに貢献する。又、幅方向不均一冷却の発生を防ぐ事ができ、良好な形状の鋼帯の安定生産に大いに貢献する。

4. 図面の簡単な説明

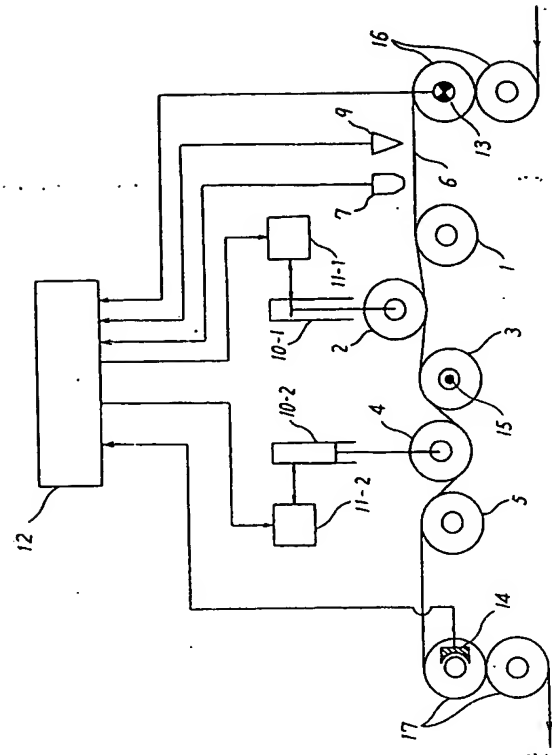
第1図は本発明の第1の実施例を示す冷却装置の側面図、第2図は冷却装置の主要部寸法を示す図、第3図は本発明の第2の実施例を示す冷却装置の側面図、第4図は本発明の第2の実施例の効果を示す図、第5図は従来法の冷却制御効果を示す図、第6図は第1番目のロールで生じた幅方向温度差の、最終冷却用ロール出側における増幅率を示す図である。

1, 2, 3, 4, 5 : 内部に冷媒を貫流させた冷却用ロール(そのうち、2, 4は可動)、6 : 鋼帯、7 : 鋼帯の温度を計る入側温度計、8 : 鋼帯の温度を計る出側温度計、9 : 溶接点検出器、10 : 油圧シリンダ、11 : 油圧シリンダ制御装置、12 : 制御装置、13 : 鋼帯搬送速度計、14 : 鋼帯張力計、15 : 冷媒温度計、16 : 入側アライドルロール、17 : 出側アライドルロール

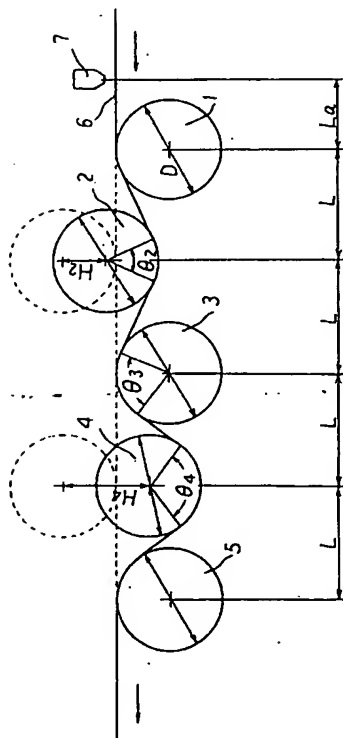
特許出願人 新日本製鐵株式会社

代理人 大 関 和 夫

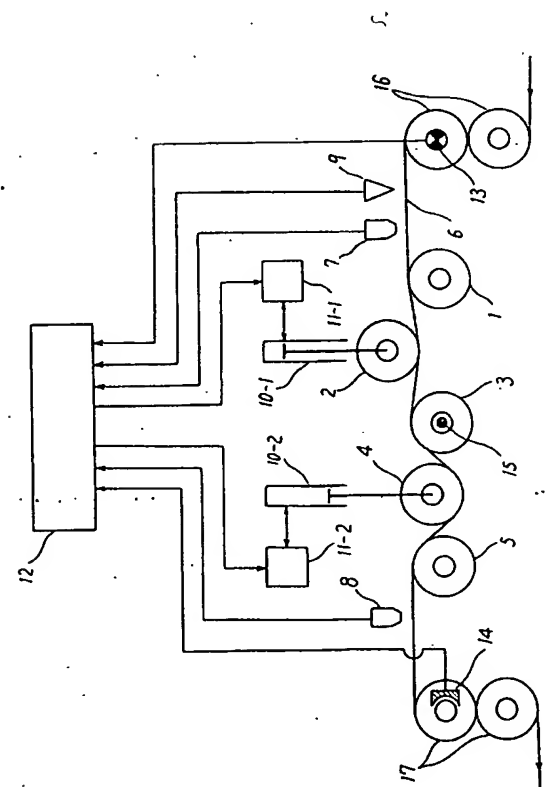
第 1 図



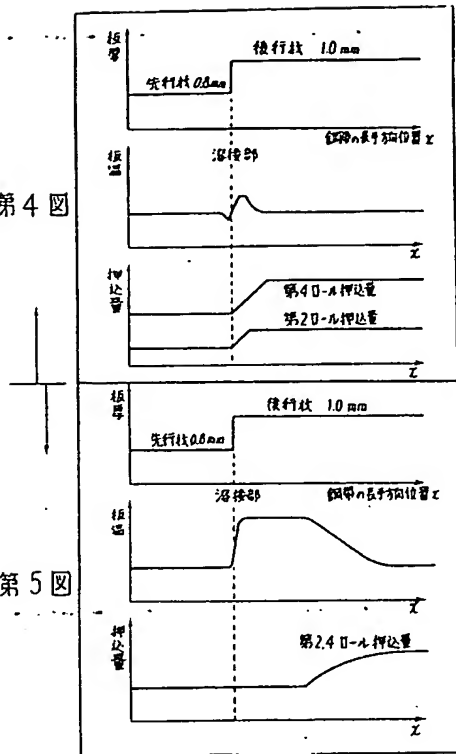
第 2 図



第 3 図

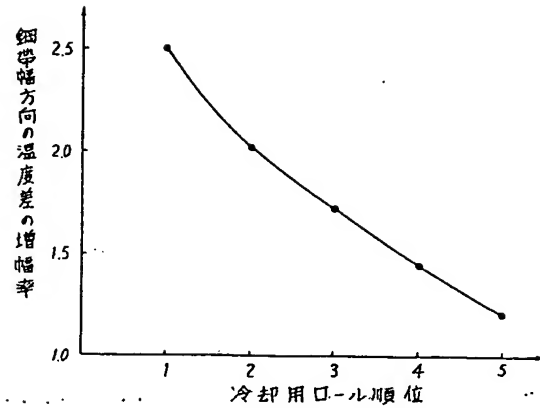


第4図



第5図

第6図



手続補正書 (方式)

昭和59年5月18日

特許庁長官 若杉和夫 殿

1. 事件の表示

昭和59年特許願第013907号

2. 発明の名称

連続焼鈍設備における鋼帯の冷却制御方法

3. 補正をする者

事件との関係 特許出願人

東京都千代田区大手町二丁目6番3号

(665) 新日本製鐵株式会社

代表者 武田 豊

4. 代理人 〒100

東京都千代田区丸の内二丁目4番1号

丸ノ内ビルディング374区 TEL 201-4818

弁理士 (G480) 大関 和夫

5. 補正命令の日付 昭和59年4月24日(発送日)

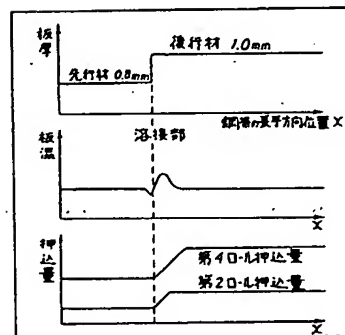
6. 補正の対象

図面

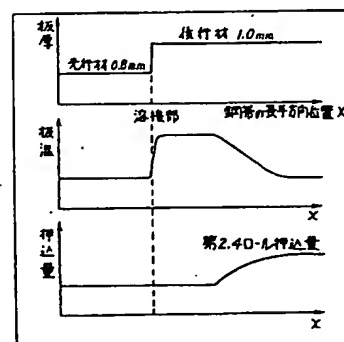
7. 補正の内容

第4図及び第5図を別紙の通り補正する。

第4図



第5図



PTO 03-4799

Japanese Patent

Document No. Sho 60-159127

**METHOD FOR CONTROL COOLING OF STEEL STRIP IN CONTINUOUS
ANNEALING FACILITY**

[Renzoku Yakinamashi Setsubi Ni Okeru Kotai No Reikyaku
Seigyo Hoho]

Katsuhiko Yui, Hiroshi Ikaue, and Shinichi Shimizu

UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Washington, D.C.

August 2003

Translated by: Schreiber Translations, Inc.

Country : Japan

Document No. : Sho 60-159127

Document Type : Kokai

Language : Japanese

Inventor : Katsuhiko Yui, Hiroshi Ikaue, and
Shinichi Shimizu

Applicant : Nippon Steel Corporation

IPC : C 21 D 9/573, 11/00

Application Date : January 28, 1984

Publication Date : August 20, 1985

Foreign Language Title : Renzoku Yakinamashi Setsubi Ni
Okeru Kotai No Reikyaku Seigyo
Hoho

English Title : METHOD FOR CONTROL COOLING OF
STEEL STRIP IN CONTINUOUS
ANNEALING FACILITY

Specification

1. Title of the invention

Method for Controlling Cooling of Steel Strip in Continuous Annealing Facility

2. Claims

1. A method for controlling cooling of a steel strip in a continuous annealing facility, characterized by the fact that in controlling a cooler for a steel strip having a mechanism that is installed in a continuous annealing facility, winds a steel strip on one to several cooling rolls through which a refrigerant is run, and changes said winding length, a controller for controlling a mechanism that stores a work schedule table in which the transfer sequence of the steel strip, size, and property values are described, calculates a winding angle from a relation expression being obtained in advance, and changes the winding angle is installed; a steel strip thermometer and a weld line detector of the steel strip

¹ Numbers in the margin indicate pagination in the foreign text.

are installed at the inlet of said cooling rolls; a steel strip tension meter, a refrigerant thermometer, and a steel strip transfer speed meter are installed in said cooler are installed in said cooler; the size and property values of the steel strip being passed, which are recognized from the number of weld line being passed and the work schedule table, the steel strip temperature, steel strip tension, refrigerant temperature, and steel strip transfer speed at the inlet of the cooling rolls are substituted for the above-mentioned relation expression, so that the winding angle to the cooling rolls of the steel strip is periodically calculated; the winding angle is changed based on the value; and the winding angle is controlled while the weld line of the steel strip passes through the cooling rolls.

2. The method for controlling cooling of a steel strip in a continuous annealing facility of Claim 1, characterized by the fact that an expression for correcting a target control steel strip temperature at the outlet of said cooling rolls is newly added to the relation expression in the above-mentioned controller; a steel strip thermometer is installed at the outlet of the final cooling roll; the winding angle is recalculated by periodically correcting the target control steel strip temperature at the outlet by the input from the steel strip

thermometer at the outlet of said cooling rolls; and the winding angle to the cooling rolls of the steel strip is corrected.

3. The method for controlling cooling of a steel strip in a continuous annealing facility of Claim 1 or 2, characterized by the fact that in several cooling rolls through which a refrigerant is run, the winding angle to said cooling rolls of the steel strip is controlled to be increased toward the following roll.

3. Detailed explanation of the invention

(Industrial application field)

The present invention pertains to a cooling control method that is installed in a continuous annealing facility, winds a $\frac{1}{2}$ steel strip on cooling rolls through which a refrigerant is run, and cools the steel strip.

(Prior art)

In a continuous annealing facility, it is necessary to cool a steel strip at about 700°C to about 400°C. For this purpose, cooling methods that contact the steel strip to metal rolls through which a coolant is run, change the contact length of said rolls and steel strip by moving said rolls, and obtain a desired steel strip temperature, there are methods described in

Japanese Kokoku Patent Nos. Sho 57[1982]-14414 and Sho 58[1983]-47457.

In other words, the former is a feedback control in which a thermometer for detecting the temperature of the steel strip is installed at the outlet of said cooler, the deviation of an actual temperature being obtained from said thermometer and a target temperature is attained, and the contact length of the steel strip and the cooling rolls is changed based on the deviation. The latter is a combined control method of a feedback control and a feedforward control in which a thermometer for detecting the temperature of the steel strip is also installed at the inlet of said cooler and the temperature change being not completely absorbed by the above-mentioned feedback is compensated by a feedforward control.

However, in the conventional methods, there are the following drawbacks, and the methods are not sufficiently satisfactory. In other words, in any of the above-mentioned two control methods, the contact length is controlled only by the temperature of the steel strip. It means that if the sheet thickness of the steel strip and the line speed are changed, the followability is poor in the conventional methods. The reason for this is that in the continuous annealing facility, the steel strip being passed is constituted by welding steel strips with

different sheet thickness, sheet width, heat cycle, etc., and the line speed is determined by facilities such as heating furnace, soaking pit, and overaging furnace other than the cooler, and changing the line speed by the performances of said cooler is difficult.

For example, the case where the sheet thickness is changed from 0.8 mm to 1.0 mm is explained. It is assumed that the temperature of the steel strip is lowered from 800°C to 400°C by said cooler. Here, in the cooling method that contacts the steel strip to the metal rolls through which a coolant is through, according to an experimental result, the cooling rate is about 100°C/sec. If the cooling rate is 100°C/sec, 4 sec is required for lowering the temperature by 400°C. Therefore, it may be considered that about 4-5 sec is required until a welded point passed through said cooler and reaches the thermometer at the outlet. Until the welded point reaches the outlet thermometer, since the temperature being detected by the outlet thermometer is the temperature of the steel strip with a sheet thickness of 0.8 mm and is almost equal to a target value, the contact length is not changed. After the welded point passes through the outlet thermometer, the temperature of the steel strip with a sheet thickness of 1.0 mm is detected, however although the amount of cooling required is 1.25 times, since the

contact length with the rolls is equal to the contact length of the steel strip with a sheet thickness of 0.8 mm, the actual temperature is largely deviated from the target temperature. In the feedback control, the control mechanism is activated at that time and changes the contact length. In other words, the control is carried out with a delay of about 5 sec. Since the line speed is about 200 mpm, the delay of 5 sec means that a large temperature shift is caused in the steel strip of about 17 m.

Furthermore, the above-mentioned conventional method utilizing the feedback control is based on the deviation of a target value and an actual value. As mentioned above, in case a large useless time is included, the feedback gain cannot but be small to secure the stability of the control system, and following the target value by the actual value is slowed as much, so that a temperature shift is largely caused in the steel strip. Therefore, in the conventional method, in case the sheet thickness, etc., are largely changed, the steel strip with a length of several tens m causes a temperature shift, so that good qualities cannot be maintained.

In order to prevent the above-mentioned drawbacks being generated in controlling of only the feedback control, a combination of the feedback control and the feedforward control

is considered. However, in the above-mentioned conventional method, the feedforward control is carried out based on the deviation of the actual temperature and the target temperature of the steel strip at the inlet of said cooler, no effect cannot be exerted when there is no change in the target temperature at the inlet of the cooler, though the sheet thickness is changed, like the above-mentioned example.

Furthermore, in consideration of the influence on the shape of the steel strip, a uniform cooling in the width direction is required, and in case several cooling rolls are used, the distribution of the amount of cooling in each roll is determined to realize a uniform cooling in the width direction. However, /2 this concept did not exist in the prior arts.

(Purpose of the invention)

The present invention considers the above-mentioned drawbacks being seen in the conventional methods. Its purpose is to (1) reduce the length of a steel strip being a temperature shift and to (2) stably produce the steel strip with a good shape by preventing the generation of a nonuniform cooling in the width direction.

(Constitution and operation of the invention)

The essence of the present invention is that in controlling a cooler for a steel strip having a mechanism that is installed

in a continuous annealing facility, winds a steel strip on one to several cooling rolls through which a refrigerant is run, and changes said winding length, a controller for controlling a mechanism that stores a work schedule table in which the transfer sequence of the steel strip, size, and property values are described, calculates a winding angle from a relation expression being obtained in advance, and changes the winding angle is installed; a steel strip thermometer and a weld line detector of the steel strip are installed at the inlet of said cooling rolls; a steel strip tension meter, a refrigerant thermometer, and a steel strip transfer speed meter are installed in said cooler are installed in said cooler; the size and property values of the steel strip being passed, which are recognized from the number of weld line being passed and the work schedule table, the steel strip temperature, steel strip tension, refrigerant temperature, and steel strip transfer speed at the inlet of the cooling rolls are substituted for the above-mentioned relation expression, so that the winding angle to the cooling rolls of the steel strip is periodically calculated; the winding angle is changed based on the value; and the winding angle is controlled while the weld line of the steel strip passes through the cooling rolls.

Also, the essence of the present invention is that an expression for correcting a target control steel strip temperature at the outlet of said cooling rolls is newly added to the relation expression in the above-mentioned controller; a steel strip thermometer is installed at the outlet of the final cooling roll; the winding angle is recalculated by periodically correcting the target control steel strip temperature at the outlet by the input from the steel strip thermometer at the outlet of said cooling rolls; and the winding angle to the cooling rolls of the steel strip is corrected, so that the cooling precision is further improved.

Furthermore, the essence of the present invention is that in several cooling rolls through which a refrigerant is run, the winding angle to said cooling rolls of the steel strip is controlled to be increased toward the following roll, so that the steel strip with a good shape is stably produced.

(Application examples)

A first application example of the present invention is explained. The method for calculating a winding angle is as follows.

In other words, in one cooling roll, when the contact length of the roll and a steel strip is l , if a heat balance in a section of a fine arc length dl is considered, the amount Δq_1

of heat being discharged from said steel strip 6 for a unit time and the amount Δ_{q2} of heat flowing to a refrigerant from the steel strip 6 are equal. Here, Δ_{q1} and Δ_{q2} are respectively given by the following expressions.

$$\Delta_{q1} = C_p \cdot \rho \cdot w \cdot d \cdot v \cdot dT/dl' \cdot dl'$$

$$\Delta_{q2} = - K(l, p) \cdot w \cdot (T - T_w) \cdot dl'$$

However, C_p : specific heat of steel strip

ρ : specific gravity of steel strip

w : width of steel strip

d : length of steel strip

v : line speed

l : contact length

T : temperature of steel strip at a fine arc length dl'

D : roll diameter

K : coefficient of overall heat transmission (a function of the contact length l and the roll face pressure p)

p : roll face pressure (= tension/ $w \cdot D/2$)

T_w : refrigerant temperature

Therefore, if the temperature of the steel strip at the inlet of the cooling rolls is T_E and the temperature at the outlet is T_D ,

$$T_D = T_W + (T_E - T_W) / \exp \{K(l,p) \cdot l / C_p \cdot \rho \cdot d \cdot v\} \quad (1)$$

Here, in the cooling rolls, since the heat is moved in the sequence of the contact heat transfer from the steel strip to the rolls, the heat transfer in the roll shell, and the heat transfer between the roll shell and the refrigerant, the coefficient of overall heat transmission $K(l,p)$ is given by the following expression.

$$K(l,p) = \{1/k_1(p) + 1/\pi \cdot D(\delta/\lambda + 1/k_2)\}^{-1} \quad (2)$$

However, $k_1(p)$: contact heat transfer rate of cooling rolls and steel strip

D : roll diameter

Δ : roll shell thickness

λ : shell heat transfer rate

k_2 : heat transfer rate between roll shell and refrigerant

From the expressions (1) and (2), in case the actual temperature of the steel strip at the inlet of the cooling rolls is T_{EP} and the target temperature at the outlet of the cooling rolls is T_{DO} , a required contact length of the steel strip and the cooling rolls can be calculated. In cooling using several/4 cooling rolls, the inlet temperature and the outlet temperature of the steel strip in each cooling roll are determined by a preset amount (ΔT_i , $\Sigma \Delta T_i = T_{EP} - T_{DO}$) of cooling of each roll, so

that the required contact length in each roll is usually different.

The application sequence of the above-mentioned cooling control method is explained using Figure 1.

Figure 1 shows an application example in which five cooling rolls are used. A steel strip 6 is passed through an inlet bridle roll, passed through cooling rolls 1-5 through which a refrigerant is run, passed through an outlet bridle roll 17, and transferred to the next process. At the inlet of the cooling rolls, a steel strip thermometer 7 and a weld line detector 9 are installed and connected to a controller 12. The movable rolls are No. 2 cooling roll 2 and No. 4 cooling roll 4, and the amount being pressed is converted from the winding angle by the controller 12 and input into hydraulic cylinder controllers 11-1 and 11-2, so that hydraulic cylinder 10-1 and 10-2 are moved.

Also, the steel strip transfer speed is input into the controller from a steel strip speed meter 13, the steel strip tension is input into the controller from a steel strip tension meter 14, and the refrigerant temperature is input into the controller from the refrigerant thermometer 15.

Also, the cooler of the present invention means from the inlet bridle roll 16 to the outlet bridle roll 17.

This application example is carried out in the following sequence by the above facility constitution. Also, the dimensions of the cooler are shown in Figure 2.

The controller 12 introduces the inlet temperature T_{EP} of the steel strip from the steel strip thermometer 7 at the inlet of the cooler, the line speed v from the steel strip transfer speed meter 13, the tension applied to the steel strip from the tension detection meter 14, and the refrigerant temperature T_w from the refrigerant thermometer 15 for each set period, detects the work No. of the steel strip being currently passed through the cooler from the number of weld line passed through the weld line detector 9 and the work schedule table, and introduces the specific heat G_p , specific gravity ρ , width w , and thickness d of the steel strip and the target temperature T_{D0} at the outlet of the cooler from the above-mentioned work schedule table. Then, the temperature of the steel strip at the inlet and outlet of each roll is determined by the distribution of the amount of cooling. From the steel strip temperature at the inlet and outlet of each roll, using the above-mentioned method, the contact length l_i of the steel strip and the roll in each roll is calculated. Using l_i , the amounts H_2 and H_4 of second roll and fourth roll are respectively calculated from the following expressions.

$$H_i = D + (L \sin(\theta_i/2) - D) / \cos(\theta_i/2) \quad i = 2, 4 \quad (3)$$

However, L is the distance between the cooling rolls.

θ_i is the winding angle of the i -th roll ($\theta_i = 2 \cdot l_i / D$)

In case the line speed v and the inlet temperature T_{EP} are changed, the amounts H_2 and H_4 being pressed, which are obtained by calculating, are transferred to the hydraulic cylinder controller 11 right after the calculation is finished. The hydraulic cylinder 10 is activated, and the positions of the movable rolls 2 and 4 are adjusted. Also, when the weld line detector 9 detects a welded part, the amounts H_2 and H_4 of movable rolls being pressed in the next steel strip are attained in a sequence similar to the above-mentioned sequence. Furthermore, when the welded part calculated in advance using the line speed v is wound on the movable roll 2, the amount H_2 being pressed is transferred to the hydraulic cylinder controller 11, and when the welded part is wound on the movable roll 4, the amount H_4 being pressed is transferred to the hydraulic cylinder controller, so that the hydraulic cylinder 10 moves the movable rolls 2 and 4 at each timing.

As seen from the above explanation, the method of this application example has the following merits.

(1) Since the timing at which the weld line is inserted into the cooler is detected, when the weld line is wound on the

cooling rolls, the movable rolls can be moved, so that a useless time is not generated, unlike the conventional methods. /5

(2) In the conventional method for controlling based on the deviation of a target value and an actual value of the steel strip temperature at the outlet of the cooling rolls, for example, in case the sheet thickness is changed from 0.8 mm to 1.0 mm, a required contact length in the steel strip of 1.0 mm cannot be detected, and the amount of movable roll being pressed is slowly changed. Thus, time is eventually required for obtaining the contact length required for the steel strip of 1.0 mm, however in the method of the present invention, since the required contact length can be calculated in advance, the time required for moving the movable rolls is short.

Thus, with the use of the method of this application example, the steel strip being a temperature shift is considerably reduced, compared with the conventional methods.

Next, a second application example of the present invention is explained using Figure 3.

Figure 3 is the same as Figure 1 except for installing the steel strip thermometer 8 at the outlet of the cooling rolls.

In the above-mentioned application example, the specific heat and the specific gravity of the steel strip, the contact heat transfer rate of the steel strip and the rolls, the heat

transfer rate of the shell, etc., are used, however these values are subtly scattered by the operation situation, steel strip, etc. Therefore, the temperature of the steel strip after passing through the cooler is also subtly different from the target temperature. In case the target control precision is severe, removing the influence due to the above-mentioned disturbance must be considered. This application example solves the above-mentioned drawback, and its purpose is to further improve the cooling control precision of the above-mentioned application example.

In other words, from the expressions (1) and (2), it is understood that the temperature of the steel strip at the outlet of the cooling rolls is determined by the contact length of the steel strip and the rolls. Also, if the amounts H_2 and H_4 of movable rolls being pressed are determined, the contact length is determined from the expression (3). Therefore, the temperature T_D of the steel strip at the outlet of the cooling rolls is expressed as a function of the amount of second and fourth rolls being pressed by $T_D = F(H_2, H_4)$. (4)

According to the first application example in which the target outlet temperature T_{D0} of the steel strip is substituted for the outlet temperature T_D of the steel strip and the amount of rolls being pressed is attained, the outlet temperature T_D of

the steel strip should be the target temperature T_{D0} , however the actual outlet temperature T_{DP} measured by the outlet thermometer 8 is slightly different from the target temperature T_{D0} for the above-mentioned reasons. Accordingly, the actual temperature T_{DP} is expressed using an adjustable parameter G .

$$T_{DP} = GF(H_2, H_4) \quad (5)$$

(However, $F(H_2, H_4)$ is the same function as that of the expression (4).)

At a control time k , if the actual temperature T_{DP} is $T_{DP}(k)$ and the amount of movable rolls 2 and 4 is $H_2(k)$ and $H_4(k)$, the adjustable parameter $G(k)$ at the control time k can be attained by

$$G(k) = T_{DP}(k) / F(H_2(k), H_4(k)) \quad (6)$$

The adjustable parameter $G(k)$ calculated in the above expression is smoothed by the following expression.

$$\hat{G}(k) = (1 - \alpha)\hat{G}(k - 1) + \alpha G(k) \quad (7)$$

However, $\hat{G}(k)$ is an adjustable parameter smoothed at the control time k . α is a smoothing coefficient.

Then, the target temperature T_{D0} is replaced with a corrected target temperature $T_{DP}/\hat{G}(k)$. Using the method of the first application example of the present invention, corrected values $\hat{H}_2(k)$ and $\hat{H}_4(k)$ of the amount being pressed are

calculated, and the amount of movable rolls being pressed is corrected.

The cooling control method of the second application example of the present invention is carried out in the following sequence based on the above method.

The controller 12 introduces the inlet temperature T_{EP} of the steel strip from the inlet thermometer 7, the outlet temperature T_{DP} of the steel strip from the outlet thermometer 8, the line speed v from the steel strip transfer speed meter 13, the tension applied to the steel strip from the tension detection meter 14, and the refrigerant temperature T_w from the refrigerant thermometer 15 for each set period. Furthermore, the controller detects the work No. of the steel strip being currently passed through the cooler from the number of weld line passed through the weld line detector 9 and the work schedule table and introduces the specific heat G_p , specific gravity ρ , width w , and thickness d of the steel strip and the target outlet temperature T_{D0} from the above-mentioned work schedule table. Then, the corrected values \hat{A}_2 and \hat{A}_4 of the amount of movable rolls being pressed are calculated based on the above-mentioned method, the values are transferred to the hydraulic cylinder controller 11, the hydraulic cylinder 10 is

moved, and the positions of the second and fourth rolls are corrected.

With the use of the control method of this application example, the error due to disturbances can be reduced without damaging the merits of the cooling control method of the first application example, so that the control precision can be improved. /6

Also, it is difficult to precisely determine parameters such as contact heat transfer rate of the steel strip and the rolls, heat transfer rate of the shell, and heat transfer rate of the shell and the refrigerator in advance, and the values are varied by the change of said cooler with time, etc. In such a case, using the actual inlet temperature T_{EP} , the actual outlet temperature T_{DP} , the adjustable parameter $\hat{G}(k)$, the amounts \hat{H}_2 and \hat{H}_4 , etc., of the steel strip, the above-mentioned parameters are calculated by the expressions (1), (2), and (5), and true values are presumed from them by using Kalman filter, least square method estimation, and other statistical processing, so that the control precision can be further improved.

The control effects of this application example and the conventional method are shown in Figures 4 and 5. In each figure, the ordinate indicates the steel strip thickness, the steel strip temperature, and the amount of roll being pressed

from the top, and the abscissa indicates the longitudinal position of the steel strip.

In this application example, as shown in Figure 4, while the steel strip weld line is detected and wound on the cooling rolls, since the amount being pressed is changed by each different amount, the temperature shift is seldom caused, however in the conventional method, as shown in Figure 5, since the winding angle is changed based on the deviation of the target temperature of the steel strip at the outlet and the actual value, a large temperature shift is caused.

Finally, a third application example of the present invention is explained.

It has a feature that in cooling the steel strip by using several cooling rolls, the nonuniformity in the width direction of the steel strip temperature generated by the front-stage roll is amplified by the rear-stage roll. For example, in Figure 1, in case the temperature of the steel strip at the outlet of the first roll is low at the central part and high at the end, the tension at the central part in the tension being applied to the steel strip at the outlet of the first roll is caused, so that the temperature difference at the central part and the end is further extended in the second roll. Figure 6 shows experimental results in which the temperature difference in the

width direction caused by the n-th cooling roll shown by the abscissa is amplified at the outlet of the final cooling roll. As seen from the figure, the nonuniform cooling in the width direction caused in each roll is largely amplified at the outlet of the final roll, which is larger in the front-stage roll. The main cause for the nonuniform cooling being generated in each roll is a thermal crown being generated in the cooling rolls, and considering that the nonuniform cooling in the width direction generated in the front-stage roll has a larger influence on the steel strip temperature in the width direction at the outlet of the final roll, it is necessary to suppress the thermal crown low in the front-stage roll. The thermal crown is proportional to the cooling load Q_c . The cooling load Q_c is given by the following expression.

$$Q_c = 1/2KD\theta_w(T - T_w)$$

However, K: coefficient of overall heat transmission

D: roll diameter

θ : winding angle

w: sheet width

T: steel strip temperature

T_w : refrigerant temperature

Here, the roll diameter D, the sheet width w, and the refrigerant temperature T_w are equal in each roll, and the

coefficient K of overall heat transmission and the winding angle θ have a correlation. Considering that the temperature T of the steel strip is higher in the front-stage roll, the winding angle θ must be smaller in the above-mentioned front-stage roll to reduce the cooling load Q_c in the front-stage roll. In other words, for a uniform cooling in the width direction, it is necessary to make the winding angle larger in the rear-stage roll and to carry out a uniform cooling load and a rear-stage high load.

This application example is the control method that distributes the winding angle in each cooling roll so that $\Delta T_1 < \Delta T_2 < \Delta T_3 < \Delta T_4 < \Delta T_5$ (however, ΔT_i is the drop temperature in the i -th roll, and $\theta_1 < \theta_2 < \theta_3 < \theta_4 < \theta_5$).

With the use of the cooling control method of this application example, the generation of the nonuniform cooling in the width direction can be prevented, and the shape deterioration of the steel strip being generated due to the temperature nonuniformity in the width direction can be avoided, so that the steel strip with an excellent shape can be stably produced.

(Effects of the invention)

With the employment of the cooling control method of the present invention in cooling a steel strip using cooling rolls

in a continuous annealing facility, the followability of the temperature of the steel strip after passing through a cooler to a target temperature and the control precision are markedly improved, compared with the conventional methods, which contributes greatly to the quality improvement and the yield improvement of the steel strip after the continuous annealing. Also, the generation of a nonuniform cooling in the width direction can be prevented, so that the steel strip with a good shape can be stably produced.

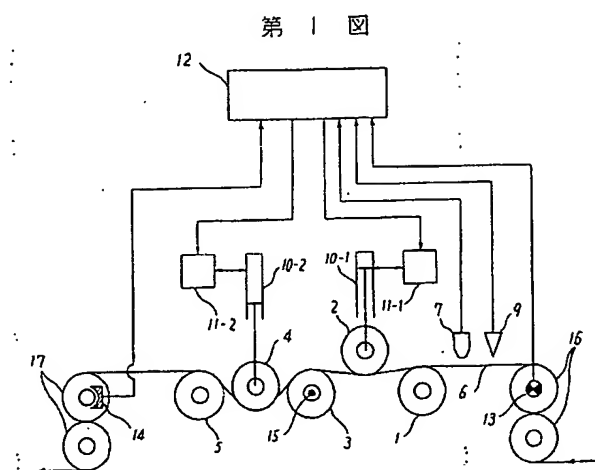
4. Brief description of the figures

/7

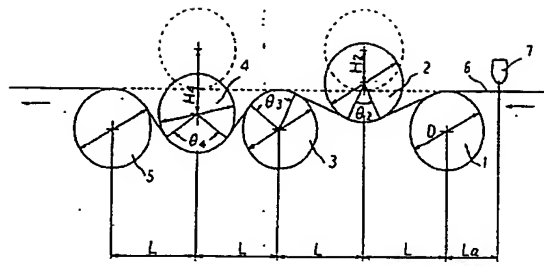
Figure 1 is a side view showing the cooler which is an application example of the present invention. Figure 2 shows the size of the main parts of the cooler. Figure 3 is a side view showing the cooler which is a second application example of the present invention. Figure 4 shows the effects of the second application example of the present invention. Figure 5 shows a cooling control effect of a conventional method. Figure 6 shows an amplification rate at the outlet of a final cooling roll for the temperature difference in the width direction generated in the first roll.

1, 2, 3, 4, 5 Cooling rolls through which a refrigerant is run
(among them, 2 and 4 are movable)

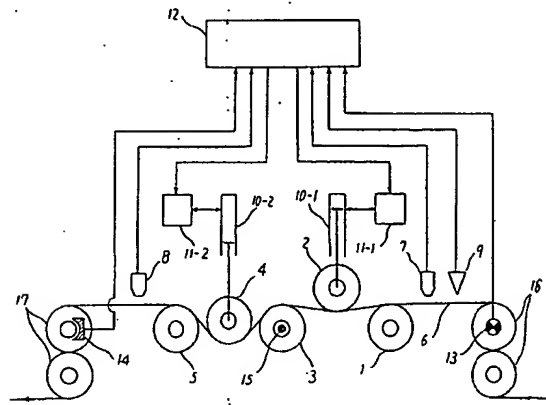
- 6 Steel strip
- 7 Inlet thermometer for measuring the temperature of the steel strip
- 8 Outlet thermometer for measuring the temperature of the steel strip
- 9 Welded point detector
- 10 Hydraulic cylinder
- 11 Hydraulic cylinder controller
- 12 Controller
- 13 Steel strip transfer speed meter
- 14 Steel strip tension meter
- 15 Refrigerant thermometer
- 16 Inlet bridle roll
- 17 Outlet bridle roll



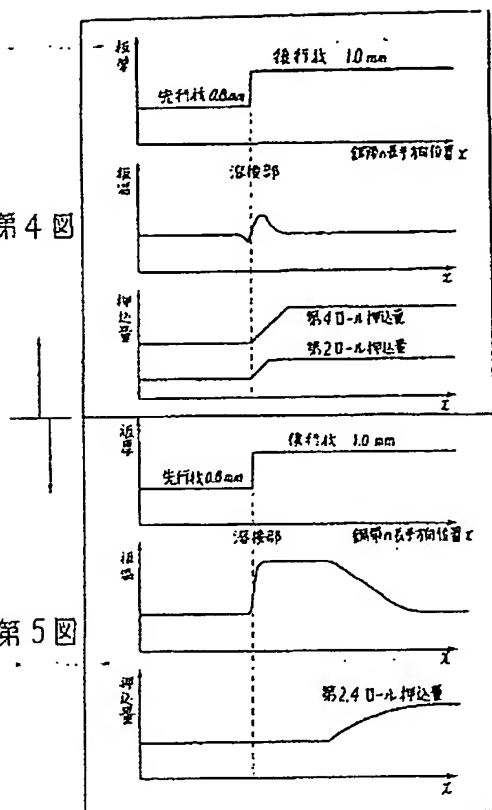
第 2 図



第 3 図



第4図



第5図

第6図

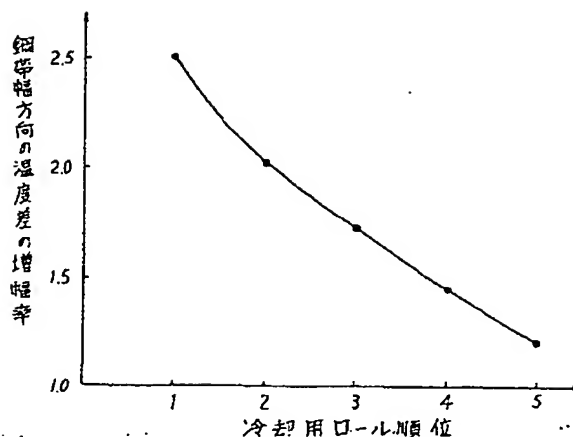


Figure 4:

1. Sheet thickness
2. Preceding material 0.8 mm
3. Subsequent material 1.0 mm
4. Sheet temperature
5. Welded part
6. Longitudinal position of steel strip
7. Amount pressed
8. Amount of fourth roll pressed
9. Amount of second roll pressed

Figure 5:

1. Sheet thickness
2. Preceding material 0.8 mm
3. Subsequent material 1.0 mm
4. Sheet temperature
5. Welded part
6. Longitudinal position of steel strip
7. Amount pressed
8. Amount of second and fourth rolls pressed

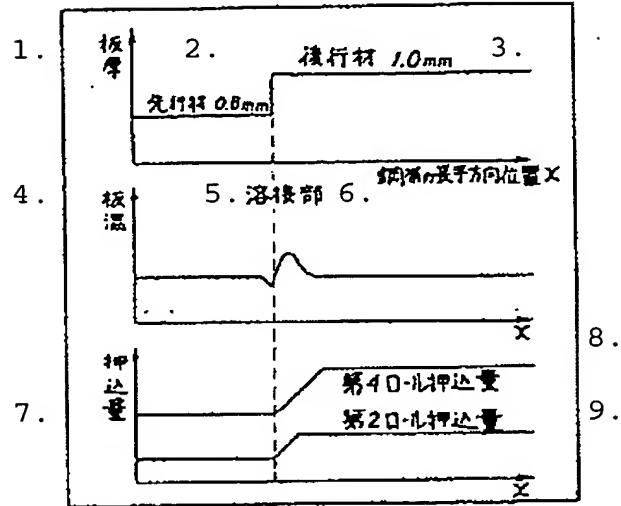
Figure 6:

[Vertical:] Amplification rate of the temperature difference
in the width direction of the steel strip

[Horizontal:] Cooling roll priority

FIGURES 4 and 5, from the amendment.

第 4 图



第 5 图

